ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JANVIER 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Quelques considérations sur les Géométries non euclidiennes.* Note de M. **DIMITRI RIABOUCHINSKY.**

Le quatrième postulat des *Éléments* d'Euclide stipule l'égalité visuelle de tous les angles droits. Il en est effectivement ainsi si, conformément à l'usage, on choisit pour définir les angles le double de l'aire des secteurs du cercle de rayon 1. Mais, si l'on convient de définir les angles par exemple par le double de l'aire des secteurs elliptiques ou hyperboliques d'une quadrique $F(x, \sqrt{\varepsilon}y) = x^2 + \varepsilon y^2 = 1$, où ε est une constante positive, nulle ou négative, il est naturel de nommer *angle droit* chacun des quatre angles formés par deux quelconques des diamètres conjugués d'Apollonius, et le quatrième postulat d'Euclide est alors mis en défaut.

Dans le cas des secteurs hyperboliques ($\varepsilon < 0$), nous conviendrons, pour pouvoir faire correspondre à tout angle circulaire un angle hyperbolique, d'adjoindre à l'hyperbole $F = 1$ l'hyperbole conjuguée $F = -1$ et de tenir compte des périodes imaginaires des fonctions hyperboliques. Nous conviendrons aussi que le sens direct sur la circonférence est toujours le même que sur les branches de l'hyperbole $F = 1$, et qu'il est, par conséquent, inverse du sens positif sur les branches de l'hyperbole conjuguée.

Pour développer une géométrie différentielle où les angles seraient définis non pas par des secteurs du cercle de rayon 1, mais par ceux d'une

quadrique $F(x, \sqrt{\varepsilon}y) = \pm 1$, il faut remplacer, dans les formules de la géométrie différentielle ordinaire, chaque dérivation partielle $\partial/\partial y$ par une dérivation $\partial/\partial y'$, où $y' = \sqrt{\varepsilon}y$. Dans le cas plus général d'une quadrique

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1,$$

les dérivations $\partial/\partial x$, $\partial/\partial y$, $\partial/\partial z$ doivent être remplacées par les dérivations $a(\partial/\partial x)$, $b(\partial/\partial y)$, $c(\partial/\partial z)$. Si l'on applique ce procédé à une quadrique $x^2 + y^2 + \varepsilon z^2 = C$, dont le paramètre ε a la même valeur que celui de la quadrique $x^2 + \varepsilon z^2 = 1$ que l'on a choisie pour définir les angles, on obtient des formules en x, y, $\sqrt{\varepsilon}z$ algébriquement identiques à celles qui déterminent dans la géométrie différentielle ordinaire les propriétés caractéristiques d'une sphère (par exemple la constance de la courbure totale et de la courbure moyenne en tous les points de la surface), mais l'image cartésienne en x, y, z des formules correspondantes et des grandeurs qu'elles définissent est, en général, profondément modifiée par ce procédé.

Considérons les déterminants

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix}, \qquad \Delta_1 = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}, \qquad \Delta_2 = \begin{vmatrix} A_1 & B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 \end{vmatrix},$$

où nous admettons que chaque élément des déterminants Δ_1 et Δ_2 est le mineur relatif à l'élément occupant la même place respectivement dans les déterminants Δ et Δ_1. On a par conséquent

$$\Delta_2 = \Delta_1^2 = \Delta^4.$$

En raison de ces définitions les deux groupes (1) et (2), de trois équations chacun (on obtient les équations non écrites en permutant les indices 1, 2, 3), correspondent à une même identité fondamentale, mais leurs images géométriques peuvent être, évidemment, très différentes les unes des autres :

$$(1) \qquad (x_3x_1 + y_3y_1 + z_3z_1)(x_2x_1 + y_2y_1 + z_2y_1) \\ - (x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)(x_2x_3 + y_2y_3 + z_2z_3) = a_2a_3 + b_2b_3 + c_2c_3,$$

$$(2) \qquad (a_3a_1 + b_3b_1 + c_3c_1)(a_2a_1 + b_2b_1 + c_2c_1) \\ - (a_1^2 + b_1^2 + c_1^2)(a_2a_3 + b_2b_3 + c_2c_3) = A_2A_3 + B_2B_3 + C_2C_3.$$

Introduisons encore les identités (3)

$$(3)\qquad \frac{D_2^2 D_3^2}{k_2^2 k_3^2}\frac{A_1^2+B_1^2+C_1^2}{a_1^2+b_1^2+c_1^2}=\frac{D_3^2 D_1^2}{k_3^2 k_1^2}\frac{A_2^2+B_2^2+C_2^2}{a_2^2+b_2^2+c_2^2}=\frac{D_1^2 D_2^2}{k_1^2 k_2^2}\frac{A_3^2+B_3^2+C_3^2}{a_3^2+b_3^2+c_3^2}=\frac{D_1^2 D_2^2 D_3^2}{k_1^2 k_2^2 k_3^2}\Delta^2,$$

$$(4)\qquad D_\nu=1:\pm\sqrt{a_\nu^2+b_\nu^2+c_\nu^2},\qquad k_\nu=1:\sqrt{x_\nu^2+y_\nu^2+z_\nu^2}\qquad (\nu=1,2,3).$$

On peut donner aux éléments du déterminant Δ des valeurs quelconques réelles ou complexes. Dans les développements qui vont suivre nous aurons à remplacer, dans Δ, les éléments z_1, z_2, z_3 par $z_1\sqrt{\varepsilon}$, $z_2\sqrt{\varepsilon}$, $z_3\sqrt{\varepsilon}$.

Soit ABC un triangle curviligne dont les côtés sont déterminés par l'intersection d'une quadrique $F=0$ avec trois plans $\pi_1=\pi_2=\pi_3=0$ passant par l'origine,

$$(5)\qquad F=x^2+y^2+\varepsilon z^2\mp 1=0,\qquad \pi_\nu=xa_\nu+yb_\nu+\sqrt{\varepsilon}zc_\nu=0\qquad (\nu=1,2,3).$$

Nous désignerons par (x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3) les coordonnées des points A, B, C, par α, β, γ les angles du triangle et par a, b, c les côtés respectivement opposés. Les a_ν, b_ν, c_ν figurant dans les équations (5) des plans sécants ont la même signification que dans le déterminant Δ_1, où l'on aurait remplacé chaque z_ν par $\sqrt{\varepsilon}z_\nu$.

En appliquant le procédé de dérivation défini plus haut, on obtient

$$(6)\qquad \begin{cases} \cos\alpha=\dfrac{dx_2\,dx_3+dy_2\,dy_3+\varepsilon\,dz_2\,dz_3}{\sqrt{dx_2^2+dy_2^2+\varepsilon\,dz_2^2}\sqrt{dx_3^2+dy_3^2+\varepsilon\,dz_3^2}}=-D_2D_3(a_2a_3+b_2b_3+c_2c_3),\\ \sin\alpha=D_2D_3\sqrt{A_1^2+B_1^2+C_1^2} \end{cases}$$

et, en permutant les indices 1, 2, 3, des expressions analogues pour $\cos\beta$, $\sin\beta$ et $\cos\gamma$, $\sin\gamma$.

On a aussi

$$(7)\qquad \cos a=k_2k_3(x_2x_3+y_2y_3+\varepsilon z_2z_3),\qquad \sin a=\pm k_2k_3\sqrt{a_1^2+b_1^2+c_1^2}$$

avec des expressions analogues pour $\cos b$, $\sin b$ et $\cos c$, $\sin c$.

Pour justifier les équations (7), remarquons que les expressions $x_2x_3+y_2y_3+\varepsilon z_2z_3$, k_2 et k_3 conservent leur valeur respective dans une *rotation d'Apollonius*, transformant la quadrique en elle-même. Si la quadrique est un hyperboloïde de révolution de paramètre $\varepsilon=-1$, on peut utiliser cette transformation de façon que les points B et C, et par conséquent le côté déformé a du triangle ABC, viennent se placer,

soit sur une hyperbole équilatère, si le plan π_1 coupe le cône asymptote, soit, dans le cas contraire, sur la circonférence $x^2+y^2=1$. La première de ces transformations est déterminée par les équations

$$(8)\quad \left\{\begin{array}{ll} x'=a'_1x+b'_1y+ic'_1z, & a'_1=D_1a_1, \quad b'_1=D_1b_1, \quad c'_1=D_1c_1, \\ y'=\dfrac{b'_1}{\sqrt{1-c'^2_1}}x-\dfrac{a'_1}{\sqrt{1-c'^2_1}}y, & iz'=\dfrac{a'_1c'_1}{\sqrt{1-c'^2_1}}x+\dfrac{b'_1c'_1}{\sqrt{1-c'^2_1}}y-i\sqrt{1-c'^2_1}z. \end{array}\right.$$

Pour déterminer la deuxième transformation, il suffit d'échanger, dans les équations (8), les places occupées par x' et iz'.

Ces transformations permettent de constater que l'expression

$$k_2k_3(x_2x_3+y_2y_3-z_2z_3)$$

peut être toujours définie soit comme $\cos a$, soit comme $\cos ia=\operatorname{ch} a$. On obtient ensuite la deuxième des équations (7), définissant $\sin a$ ou $i\operatorname{sh} a$, en appliquant l'identité de Lagrange, qui correspond au cas particulier $x_3=-x_2$, $y_3=-y_2$, $z_3=-z_2$ de l'identité (1).

Si l'on substitue les équations (6) et (7) dans les identités (1), (2), (3), en tenant compte des expressions (4), on obtient, dans le cas particulier $\varepsilon=1$, les équations fondamentales de la trigonométrie sphérique.

La trigonométrie de l'hyperboloïde de révolution que nous avons établie permet de donner une nouvelle interprétation de la géométrie lobatchewskienne. Cette interprétation, n'étant pas soumise aux restrictions imposées par le théorème de D. Hilbert, est plus générale que celle de Beltrami.

CORRESPONDANCE.

M. **Daniel Schnéegans** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. **Pierre Lesage** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1940.

MÉCANIQUE. — *Petites oscillations de deux pendules couplés par élasticité dont les points de suspension exécutent des oscillations harmoniques verticales, identiques, en phase ou en opposition de phase.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les deux pendules étudiés ont même longueur (33^{cm}) et même masse (concentrée dans une sphère de $3^{cm},9$ de diamètre). Les points de fixation

O_1 et O_2 se trouvent, au repos, sur une même horizontale à 25^{cm} de distance; la liaison élastique réunit les deux pendules, à 10^{cm} de leurs points de suspension; au repos, elle n'exerce aucune action sur les pendules.

Les mouvements harmoniques de O_1 et O_2 sont obtenus au moyen d'un dispositif dérivant de celui décrit dans une Note antérieure ([1]). Comme dans le cas d'un seul pendule, pour une valeur donnée de l'amplitude R du mouvement de O_1 et O_2, il apparaît, quand la période T de ce dernier varie, la possibilité d'obtenir deux types de mouvements pendulaires :

1° un mouvement *stable*, constitué par des battements qui s'amortissent dans le temps en raison des résistances passives;

2° un mouvement *instable*, les oscillations pendulaires prenant des amplitudes sans cesse croissantes.

Nous avons déterminé pour diverses valeurs de R, l'intervalle de périodes qui correspond à l'instabilité du mouvement dans les deux cas suivants (les conditions initiales choisies étant toujours les mêmes : O_1 et O_2 sont mis en mouvement après que l'on ait lancé le système et au moment où le pendule n° 2 est au repos au cours des battements qui se produisent) :

I. *Mouvements de* O_1 *et* O_2 *en phase*. — Le graphique ci-après donne, dans un plan de coordonnées T et R, la forme de la zone d'instabilité.

On constate que, pour les valeurs de R inférieures à $2^{cm},2$, elle se décompose en deux régions I et II; dans ces régions les mouvements instables ont des allures différentes.

Dans la région I, après quelques battements, les pendules se mettent à osciller en *opposition de phase* avec des amplitudes croissantes.

Dans la région II, qui correspond à des périodes plus élevées, toujours après quelques battements, les deux pendules se mettent à osciller en *phase* avec des amplitudes croissantes.

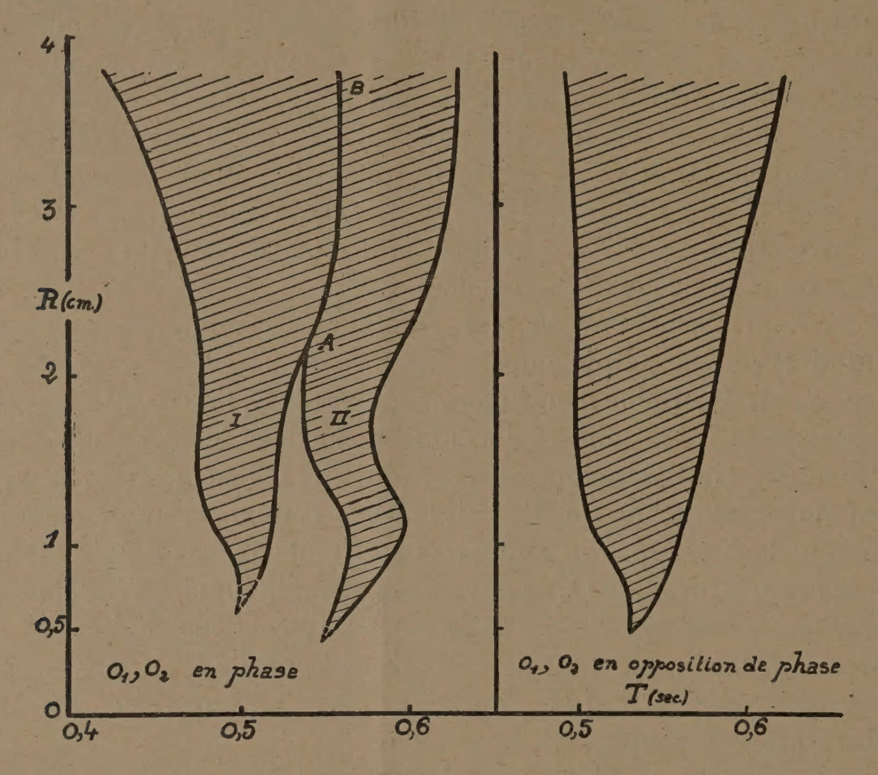
Dans le reste de la zone d'instabilité, les mêmes circonstances se rencontrent, la transition s'effectuant le long d'une courbe AB se raccordant en A aux courbes qui limitent les régions I et II.

Les deux mouvements précédents sont à rapprocher des mouvements principaux de ce même système dans lequel O_1 et O_2 demeureraient fixes.

II. *Mouvements de* O_1 *et* O_2 *en opposition de phase*. — Le graphique donne dans le plan des T et des R, l'aspect de la zone d'instabilité; elle a même allure que dans le cas d'un seul pendule, mais l'expérience montre qu'elle n'est pas confondue avec celle qui lui correspond.

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 69.

Dans cette zone, le mouvement instable est formé de *battements* d'amplitudes croissantes.



Remarques. — 1° Les mêmes phénomènes se retrouvent pour différentes positions de la liaison élastique.

2° Les zones d'instabilité ne viennent pas toucher l'axe des T; ceci est probablement dû aux résistances passives.

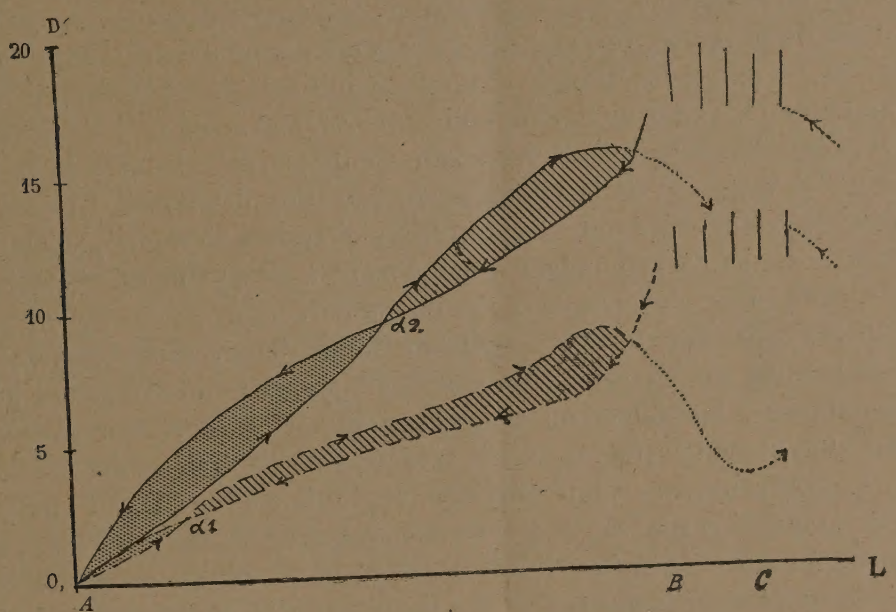
3° Le même comportement est à prévoir pour deux circuits électriques identiques couplés par capacité, les capacités des circuits, autres que celle constituant la liaison, variant harmoniquement.

HYDRODYNAMIQUE. — *Phénomènes hydrodynamiques du ressac, leur rôle dans le transport et le triage des galets (observations et mesures).* Note de M. **Louis Glangeaud.**

Méthode. — Des boules sont posées sur le sable, par une équipe d'opérateurs, en plusieurs points et à différents moments, dans la zone d'oscillation du ressac. Nous avons d'abord utilisé des boules en marbre, puis des

boules en fonte, creuses, équilibrées, d'une densité moyenne de 2,6. Les diamètres varient entre 3 et 20^{cm}. Des cordons sont fixés sur les boules de plus de 5^{cm} de diamètre, par un dispositif interne, sans relief. Une corde divisée, attachée à des piquets, permet de repérer à chaque instant leur position.

Représentation graphique. — Quelques-uns des résultats obtenus, entre la Pointe de Grave et Arcachon, sont représentés par les courbes



ci-jointes. Celles en traits pleins (n° 1) correspondent à des observations faites à 4^{km} au nord de Montalivet, à mi-marée montante, par houle moyenne; celles en tirets (n° 2) à des observations sur la plage du Cap Ferret, par B. M. de vives-eaux, avec forte houle au large.

Dans ces courbes, les ordonnées correspondent au diamètre D, en centimètres, de la boule la plus grosse, déplacée en chaque point du ressac, au cours de 25 vagues successives; ces boules sont rugueuses, de densité 2,6 et roulent isolément sur une *surface horizontale de sable fin tassé*. Quand la surface est inclinée, nous calculons le diamètre de la boule qui serait déplacée, par la même vitesse de l'eau, sur une surface horizontale. En abscisses sont portées les distances séparant les points considérés du rivage; la longueur entre la limite extrême de l'eau et le dernier déferlement de la vague (AB) est prise pour unité (AB = 35^{m} pour les courbes 1 et 30^{m} pour les courbes 2).

La vague, après avoir déferlé en C (traits verticaux), se transforme en une petite vague de translation qui, au début, manifeste une forte turbulence. Celle-ci rend difficile les observations. Puis la translation devient plus régulière et la lame montante (swash), si elle ne rencontre pas la lame descendante (backwash), se comporte sensiblement comme une onde isolée. L'eau qui descend représente, en l'absence d'interférence, une lame liquide s'écoulant librement. Dans ce cas, la vitesse en chaque point est fonction de la distance parcourue depuis le départ, des variations de la pente et de la nature du fond. Pour la lame montante, la vitesse en un point est, en outre, fonction de l'impulsion initiale qui est en rapport avec la hauteur de la vague au moment du *dernier déferlement*.

Le point de rencontre de deux lames antagonistes dépend de la fréquence des vagues et de la vitesse de propagation des lames. Comme les courbes ci-dessus représentent le résultat global pour 25 vagues, les chiffres maxima retenus correspondent sensiblement à l'écoulement d'une lame isolée, libre sur la plus grande partie de son parcours.

Action dynamique du ressac. — On distingue deux régions au point de vue de l'action sur les galets. Dans la première, près du rivage (en grisé sur la figure), les galets inférieurs aux diamètres correspondant aux points α^1 et α^2 sont entraînés vers le rivage et ne sont pas ramenés vers la mer. Au contraire, en aval des points α (région hachurée), la lame descendante a une action supérieure à la lame montante. Aux points α, les deux actions s'annulent (*point mort*). *L'action du ressac sur les galets est donc entièrement déterminée par la position du point mort sur le graphique.* Les points α se déplacent d'ailleurs à chaque vague. Ils balayent une région située entre leur position la plus approchée du rivage (α^1 et α^2 sur la figure) et le voisinage de la vague déferlante. Par exemple, pour les courbes n° 1, un galet sphérique, d'un diamètre égal ou inférieur à 9^{cm} placé à gauche de α^2 sera amené au voisinage du bord et laissé sur le rivage à marée descendante (cordon littoral). A droite du point α^2, ce galet subira une série d'oscillations, et son sort sera différent suivant que la marée sera montante ou descendante.

Variations au cours d'une marée. — Pour un même point de la plage, l'action du ressac se modifie d'une façon importante au cours d'une seule marée, sans changement des conditions atmosphériques. La forme des courbes dépend des facteurs suivants : pente locale I de la plage dans la zone d'oscillation, largeur l de la zone se découvrant par l'action du ressac, hauteur h de la dernière vague déferlante, sa distance L au bord et sa

fréquence f. Entre le début et la fin d'une marée montante de vives eaux (coeff. 110), avec un vent constant et une assez forte houle au large, nous avons observé, sur la plage du Cap Ferret, les variations suivantes : I, de 0,25 à 3 % ; l, de 15 à 40^{m}; h, de 1^{m},10 à 1^{m},80 ; L, de 35 à 55^{m}; f, de 14 à 12 vagues, en trois minutes, avec un rythme de $3+1$. En effet, en ce point, à B. M. de vives eaux et par une forte houle, un banc immergé produisait un premier déferlement, à une distance d'environ 300^{m} au delà de la limite des B. M. Les vagues amorties déferlaient une *dernière fois*, à 35^{m} du rivage. Au contraire, pour la même marée, en H. M., la houle déferlait *une seule fois* à 50^{m} du rivage.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la compressibilité des solides ou des liquides considérée du point de vue des théories de probabilité.* Note de M. **Georges Reboul**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il a été signalé [1] comment des considérations de probabilité pouvaient faciliter l'étude de quelques phénomènes biologiques ; la méthode qui a été indiquée est susceptible de généralisation et peut rendre service dans beaucoup de questions ; nous l'avons appliquée à un phénomène étudié depuis longtemps et paraissant peu susceptible d'aperçus nouveaux, celui de la compressibilité des solides et des liquides.

Quand on fait varier de dp la pression s'exerçant sur le volume v d'un solide ou d'un liquide, il se produit une variation de volume dv ; si l'on considère la valeur v du volume comme également répartie entre les N molécules du corps, quelle que soit la manière dont se traduit l'action de dp, tout se passe comme si la variation de volume dv correspondante se répartissait sur un certain nombre dN d'entre elles. Si la variation dp est assez petite pour que son action ne puisse changer le quantum de répartition du volume par molécule, la probabilité $d\mathrm{N}/\mathrm{N}$ pour qu'une molécule du corps soit affectée par la variation dp sera égale à dv/v.

Nous admettrons, comme il a été indiqué précédemment [1] pour d'autres cas, que cette probabilité est en première approximation proportionnelle à dp ou en d'autres termes qu'il existe un facteur α tel que

$$\alpha\, dp = \frac{d\mathrm{N}}{\mathrm{N}} = \frac{dv}{v}, \tag{1}$$

---

[1] *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 792-794.

α pouvant être une constante ou une fonction de p ou d'autres variables.

Le facteur de probabilité ainsi défini est dans ce cas égal à l'inverse du module c de compressibilité ($\alpha = 1/c$) ou, à l'inverse, du coefficient d'élasticité E, si, au lieu d'une variation de volume, on considère la variation de longueur d'un cylindre.

De l'équation (1) on en déduit la relation qui doit exister entre le volume et la pression; si, par exemple, on admet que α est indépendant de p, on aura

$$v = v_0 e^{\alpha p}.$$

Comme α est très petit, on peut, lorsque p n'est pas trop grand, prendre la relation

$$v = v_0(1 + \alpha p).$$

Cette forme simplifiée permet la définition et la mesure du module de compressibilité du corps étudié. Dans le cas des solides cette constante est assez mal déterminée et peut être considérée comme indépendante de la pression, du moins tant que celle-ci n'est pas trop forte.

Dans le cas des liquides les résultats sont plus comparables et mieux déterminés; le module de compressibilité n'est plus indépendant de la pression : ainsi, pour l'eau à 20°, le coefficient moyen de compressibilité varie de $46,8.10^{-6}$ (de 1 à 100 atmosphères) à $36,5.10^{-6}$ (de 900 à 1000 atmosphères); le facteur α est donc fonction de la pression et, de la relation (T), on tire

$$v = v_0 e^{\int_0^p \alpha\, dp}.$$

Il est assez curieux de constater que $\alpha = f(p)$ peut s'obtenir en admettant que c'est encore suivant une loi de hasard que s'exerce l'action de p sur α; cela donne

$$\beta\, dp = \frac{d\alpha}{\alpha} \qquad \text{et} \qquad \alpha = \alpha_0 e^{\beta p},$$

de sorte que α doit varier avec p suivant une formule exponentielle. C'est bien ce que l'on peut vérifier avec les résultats expérimentaux qu'a trouvés Amagat pour l'eau soumise à des pressions variant de 1 à 3000 atmosphères. Dans ce cas la pression se trouve liée au volume par une expression de la forme

$$v = a_0 e^{\alpha_0 e^{\beta p}}.$$

Avec les autres liquides les résultats obtenus sont tout à fait analogues,

quoique parfois plus complexes; ainsi le sulfure de carbone à 0° entre 1 et 3000 atmosphères a donné à Amagat des résultats assez bien représentés par l'équation

$$v = a_0 e^{\alpha_0 e^{\beta_0 e^{\gamma p}}}.$$

Ce sont donc des lois de probabilité d'action qui paraissent régir les phénomènes de compressibilité des solides et des liquides.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Facteurs de probabilité et coefficients de dilatation des solides et des liquides.* Note de M. **Jean-A. Reboul**, présentée par M. Aimé Cotton.

On peut appliquer à la dilatation des solides ou liquides les mêmes considérations qui ont été indiquées pour la compressibilité de ces corps [1].

Si l est la longueur d'une barre à t degrés, une variation de température dt entraîne une variation dl, et il existe une même probabilité dl/l pour toutes les molécules de la barre de participer à la variation dl, et cette probabilité est telle que

$$\alpha\, dt = \frac{dl}{l}. \tag{1}$$

Le facteur de probabilité α est donc dans ce cas le coefficient de dilatation linéaire de la substance.

Quand on se contente de prendre comme première approximation la formule $l = l_0(1 + \alpha t)$, cela revient à limiter à son premier terme le développement de l'exponentielle

$$l = l_0 e^{\alpha t} \tag{2}$$

qui résulte de l'intégration de (1); cette approximation est d'ailleurs justifiée par la faiblesse relative du coefficient α.

Dans un intervalle de température étendu, la formule de dilatation est un polynome comportant la deuxième et troisième puissance de t dans le cas des solides et pouvant aller jusqu'à la quatrième ou cinquième puissance

---

[1] Voir la Note précédente.

dans le cas des liquides. On aura par exemple pour les solides

$$l = l_0(1 + \alpha' t + \beta' t^2),$$

qui devrait s'identifier avec les premiers termes du développement de l'exponentielle (2)

$$(2) \qquad l = l_0\left(1 + \alpha t + \frac{\alpha^2 t^2}{2}\right),$$

c'est-à-dire que l'on devrait avoir

$$\alpha' = \alpha \quad \text{et} \quad \beta' = \frac{\alpha^2}{2} = \frac{\alpha'^2}{2}.$$

Si l'on prend les résultats de l'expérience, on constate que cette dernière relation n'est pas vérifiée; ainsi, pour le platine entre 0 et 1000°, l'expérience donne $\alpha' = 8,68.10^{-6}$ et $\beta' = 1,32.10^{-9}$; cette dernière valeur est loin d'être égale à $\alpha'^2/2 = 3,93.10^{-11}$.

Ce désaccord s'explique aisément en faisant une hypothèse analogue à celle que l'on fait pour la compressibilité des gaz aux pressions élevées : le volume utile n'est pas v mais $(v - \varphi)$, φ étant une constante; dans le cas de la dilatation la longueur utile ne serait pas l, mais $l(1 - \alpha)$, α étant une constante égale à d/λ (d diamètre des molécules, λ distance séparant les centres de deux molécules voisines). On déduit de là des valeurs de d/λ; ainsi le platine donne pour des températures comprises entre 0 et 1000° $d/\lambda = 0,97$; le diamètre des molécules serait la fraction 0,97 de la distance qui sépare leurs centres, et seule interviendrait dans les phénomènes de dilatation la distance séparant la périphérie de deux molécules voisines.

Dans le cas des liquides le développement peut être poussé jusqu'aux termes en t^4 ou en t^5, et le désaccord entre résultats théoriques et expérimentaux paraît à première vue moins grand. Ainsi, avec le brome entre −7 et +60°, en poussant jusqu'à la troisième puissance de t, on trouve

	α'.	β'.	γ'.
Expérimentalement...........	$1,03.10^{-3}$	$1,7.10^{-6}$	$5\ .10^{-9}$
Théoriquement...............	10^{-3}	$0,5.10^{-6}$	$0,16.10^{-9}$

Le désaccord s'accentue avec des liquides pour lesquels on peut pousser la formule jusqu'à la quatrième ou cinquième puissance; ainsi, avec l'acétate

d'amyle pour lequel l'expérience fournit jusqu'aux termes en t^5, on obtient

	α'.	β'.	γ'.	δ'.	ε'.
Expér...........	$1,06.10^{-3}$	$1,57.10^{-6}$	$2.89.10^{-9}$	$4,5\ .10^{-12}$	$7,3\ .10^{-15}$
Théor...........	$1,06.10^{-3}$	$0.5\ .10^{-6}$	$0,16.10^{-9}$	$0.04.10^{-12}$	$0.008.10^{-15}$

Le désaccord disparaît si, comme on l'a indiqué à propos de la compressibilité, on admet une formule de probabilité généralisée qui donnera entre la température et le volume une relation de la forme

$$v = a_0 e^{\alpha_0 e^{\beta_0 e^{\delta t}}}.$$

Dans ce cas l'acétate d'amyle donne les valeurs

	α'.	β'.	γ'.	δ'.	ε'.
Expér..........	$1,06.10^{-3}$	$1,57.10^{-6}$	$2.89.10^{-9}$	$4,5.10^{-12}$	$7.3.10^{-15}$
Théor..........	$1,06.10^{-3}$	$1,57.10^{-6}$	$1,90.10^{-9}$	$3,6.10^{-12}$	$1,9.10^{-15}$

Si l'on tient compte de l'imprécision relative des résultats expérimentaux, l'accord paraît assez bon.

On peut donc, à partir des théories de probabilité, retrouver pour les phénomènes de dilatation une représentation analogue à celle qui a été indiquée pour les phénomènes de compressibilité.

OPTIQUE. — *Sur un déplacement de franges enregistré sur une plate-forme tournante*. Note de MM. **Alexandre Dufour** et **Fernand Prunier.**

M. Costa de Beauregard exprime l'opinion [1] que le dispositif qui nous a servi pour effectuer l'expérience que nous avons schématiquement décrite [2] était équivalent au dispositif de Sagnac.

Nous voulons montrer ici que cette opinion n'est pas fondée.

Rappelons d'abord succinctement l'expérience dont il s'agit. Nous avons enregistré sur une plate-forme tournante un déplacement de franges résultant de la mise en rotation uniforme de cette plate-forme. Les franges étaient produites par l'interférence de deux faisceaux lumineux se propageant dans des sens opposés sur un même parcours dont une partie, solidaire du disque tournant, était entraînée par ce dernier dans son

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 634.

(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 988.

mouvement de rotation, tandis que le reste du parcours des deux faisceaux optiques se trouvait déterminé par des appareils non solidaires de la plate-forme.

Dans le montage schématique figuré dans notre Note rappelée ci-dessus, le parcours, que nous appelons fixe, des faisceaux interférents est dirigé parallèlement à des rayons de la plate-forme circulaire, de sorte que ce parcours est supposé rencontrer un miroir fixe H dont le plan contient l'axe matériel du disque tournant. Cette disposition, prise comme base de l'argumentation de M. Costa de Beauregard, l'amène à conclure que notre dispositif est équivalent à celui de Sagnac.

Nous ne pouvons partager cette opinion pour les raisons suivantes :

1° Dans l'expérience de Sagnac, il n'existe pas de matériel d'optique fixe dans le laboratoire : tout le dispositif interférentiel et tous les faisceaux lumineux sont portés par la plate-forme et entraînés par elle dans son mouvement de rotation. Notre montage expérimental est donc nettement différent de celui, classique, de Sagnac.

2° Dans la réalisation même de notre expérience, le miroir fixe H, dont la considération est fondamentale pour la théorie de M. Costa de Beauregard, n'existe pas : le parcours fixe des faisceaux interférents s'appuie sur des miroirs dont aucun ne se trouve sur l'axe de rotation.

Il convient en outre de signaler que les positions de ces miroirs fixes remplaçant le miroir H sont d'ailleurs arbitraires. Nous avions, en effet, réalisé deux séries d'enregistrements avec des positions différentes pour ces miroirs ; l'aire sous-tendue à partir de l'axe de rotation pour les parcours fixes avait varié de 536^{cm^2} à 1346^{cm^2}, sans que le déplacement des franges enregistré sur la plate-forme tournante s'en fût trouvé modifié, contrairement à ce qui aurait eu lieu si le dispositif avait été assimilable à celui de Sagnac.

En résumé, notre dispositif, bien différent de celui de Sagnac, ne lui est pas équivalent, ni au point de vue expérimental, ni au point de vue des conséquences théoriques qu'on peut déduire des résultats obtenus. Ce que nous venons de dire montre en effet que, dans notre expérience, les deux parties du circuit optique ont des rôles très différents.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption des solutions concentrées d'acide acétique par le charbon de sang.* Note [1] de M. **Mathieu Dobine.**

J'ai établi [2] qu'on obtient, dans le cas du système acide acétique-eau-charbon de sang, deux isothermes différentes suivant qu'on opère avec du charbon contenant de l'humidité ou du charbon desséché à 120-130°. J'en ai déduit une méthode permettant de déterminer l'adsorption vraie du solvant et celle du corps dissous.

Une objection se présentait : la dessiccation pouvait changer la surface et, par conséquent, le pouvoir adsorbant du charbon.

Pour y obvier, je l'ai réalisée par deux autres méthodes : 1° *par le vide.* Le dispositif comprenait une pompe à huile à palettes (vide primaire), un manomètre en verre soudé sur la canalisation, une pompe à mercure de Langmuir (vide secondaire), une jauge de Mac Leod, des réservoirs d'anhydride phosphorique rodés sur la canalisation même ou non, un dispositif spécial contenant du charbon. Le vide obtenu allait jusqu'à $0^{mm},001$ de mercure. Voici quelques résultats obtenus, comparativement avec ceux fournis par le charbon desséché à 120° :

Titre initial des solutions acétiques.	Titre final, charbon desséché	
	par vide.	par chaleur.
16,554 N	16,489	16,486
15,883	15,829	15,828
15,666	15,614-600	15,614
7,504	7,411	7,407

Les résultats sont les mêmes. Il en résulte que la température de 120°-130° ne détermine aucun changement dans le pouvoir adsorbant du charbon, ce qui était à prévoir. La méthode par le vide est délicate et longue. C'est pourquoi j'ai eu recours à une autre méthode que j'appelle :

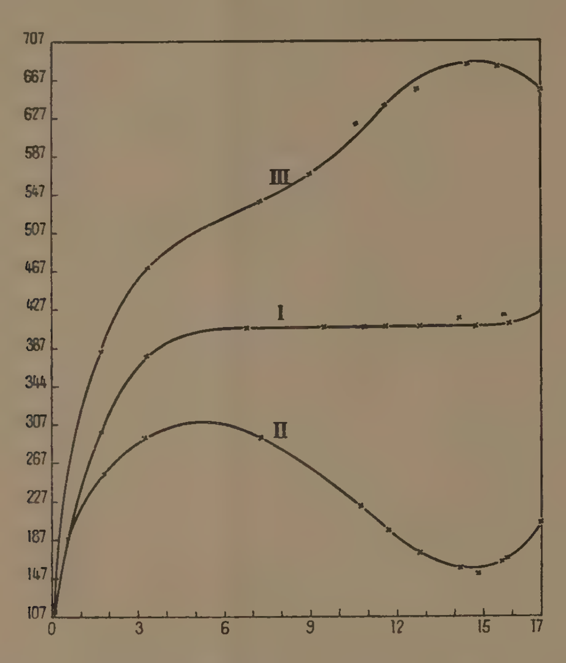
2° *Méthode des* dilutions minima. — Au lieu d'opérer parallèlement avec du charbon humide et du charbon desséché, on n'opère qu'avec du charbon humide, mais pris tantôt tel que, tantôt additionné d'une très petite quantité d'eau ($0^g,350$ d'eau pour 2^g de charbon humide et 50^{cm^3} de

---

(1) Séance du 13 janvier 1941.

(2) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1388; **206**, 1938, p. 430.

solution étudiée). Pour confronter les résultats obtenus par ces diverses méthodes, j'ai repris toutes mes anciennes expériences et j'ai institué pour chaque concentration étudiée trois séries d'expériences : une avec du charbon desséché, une autre avec du charbon humide et enfin avec du charbon humide additionné de quelques gouttes d'eau. Les concentrations étudiées s'étendaient de 0,2N jusqu'à acide acétique glacial. J'ai obtenu les trois courbes ci-dessous.



Courbe I, Adsorption par charbon humide. — Courbe II, Adsorption par charbon desséché. — Courbe III, Adsorption par charbon humide additionné d'eau. Absc., concentration d'équilibre en gr.-mol. Ordon. (x/m), adsorption d'acide acétique par gramme de charbon desséché en gr.-millimol.

Les courbes I et II sont identiques à celles décrites précédemment. La courbe III monte rapidement comme les courbes I et II, jusqu'à la concentration 4-5N. De là et plus haut, elle prend la forme d'un S et devient presque symétrique de la courbe II. Elle s'infléchit d'abord légèrement sur une partie de son parcours vers l'axe des abscisses, elle reprend ensuite sa montée plus rapide jusqu'à la concentration de 13-14N, après quoi elle descend en décrivant une petite courbure concave vers le bas.

On voit donc que, suivant l'humidité du charbon, on obtient trois isothermes différentes et, en faisant varier l'humidité, on pourrait obtenir une quantité infinie d'isothermes.

Ceci ne veut pas dire qu'il existe une diversité de degrés d'adsorption pour la même concentration d'équilibre. En effet, l'eau introduite par l'humidité du charbon dilue la solution initiale. Il suffit de faire une correction correspondante dans la détermination du titre de celle-ci et d'en tenir compte dans les calculs, pour que toutes ces isothermes coïncident. Voici, à ce sujet, deux exemples se rapportant aux courbes I et III :

Avant correction.

		Solution finale.		Quantité adsorbée.	
	Solution initiale.	Courbe I.	Courbe III.	Courbe I.	Courbe III.
1er exemple......	14,836 N	14,703	14,593	0,133	0,243
2e exemple......	11,775	11,644	11,568	0,131	0,207

Les points correspondants des courbes I et III ne coïncident pas. Or, après correction, les solutions initiales dont on part pour la construction de la courbe III deviennent respectivement 14,725 et 11,697; les quantités adsorbées sont $14,725 - 14,593 = 0,132$ et $11,697 - 11,568 = 0,129$; donc, les mêmes chiffres que pour la courbe I. Il en sera de même des autres points et les deux isothermes coïncident. Il en sera encore de même des autres isothermes; elles coïncident toutes. *Leur diversité n'était donc qu'apparente.* Les deux méthodes employées permettent de conclure que, pour comparer les isothermes fournies même par le même charbon, il est nécessaire de préciser son degré d'humidité, et c'est parce que des auteurs n'ont pas pris en considération cette donnée que leurs recherches ont parfois abouti à des résultats divergents.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la plasticité des fibres de nitrocellulose.* Note (1) de Mlle **Madeleine Raison** et M. **Marcel Mathieu**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'absorption de l'acétone et de divers autres gélatinisants par la nitrocellulose a été étudiée dans plusieurs Mémoires (2) (3). Ces travaux

(1) Séance du 13 janvier 1941.

(2) J. Desmaroux et M. Mathieu, *Mémorial des Poudres*, **26**, 1934-35, p. 180; *ibid.*, **28**, 1938, p. 204; M. Mathieu, *Actualités scientifiques et industrielles* (*Nitration de la Cellulose, Gélatinisation des Nitrocelluloses*), Paris, 1935.

(3) Th. Petitpas, *J. Chem. Phys.*, **37**, 1940, p. 6.

ont fait connaître la quantité de solvant qui entre dans la phase solide fibreuse en fonction de l'activité du gélatinisant dans l'atmosphère gazeuse, ou dans la solution de gélatinisant, où se trouvent plongées les fibres. L'examen aux rayons X de la structure de ces fibres (de nitroramie) dans les conditions mêmes des mesures d'absorption du gélatinisant a mis en évidence des concentrations remarquables correspondant à : 1^{mol} de gélatinisant par anneau de glucose en C^6; 1^{mol} par groupe $—O—NO^2$; 3^{mol} par anneau de glucose.

Mode opératoire. — On ne peut déterminer les courbes charge-allongement sur les fibres nitrées elles-mêmes, ayant absorbé plus ou moins de gélatinisant. La nitration fait perdre en effet la résistance mécanique des fibres : elles se rompent d'une manière tout à fait irrégulière sur l'extensomètre. Il en est autrement des fibres de cellulose, avec lesquelles il est au contraire possible de construire ces courbes (Mlle Bossuyt) ([4]). On peut supposer que la nitration fait disparaître une sorte de ciment qui relierait entre elles les cristallites composant la fibre, ciment qui serait formé soit d'une substance non cellulosique (peptique par exemple) résistant au blanchiment, soit de cellulose présentant un état cristallin ou une texture qui différeraient de ceux des cristallites (Mark) ([5]).

On a évité cette difficulté en opérant sur des films. Dans cet état la nitrocellulose donne des résultats constants à condition d'opérer selon un mode bien défini, dont le but est d'amener à une valeur constante minima le dissolvant résiduel (comme dans la fabrication des poudres B).

L'éprouvette de traction est une bandelette ayant environ 5^{cm} de longueur, 4^{mm} de largeur, quelques centièmes de millimètre d'épaisseur (4 à 7).

La bandelette peut être placée dans un tube laboratoire contenant la solution maintenue à 40°. La nitrocellulose se trouve ainsi dans les conditions mêmes où l'on a mesuré l'absorption. On peut donc connaître la composition du film correspondant à chaque courbe. L'appareil n'a pu être rendu assez étanche pour permettre les études en phase vapeur.

Résultats. — La courbe d'extensibilité d'un film de nitrocellulose affecte toujours la même forme (*fig.* 1).

La branche H correspond à la zone d'élasticité, où les extensions suivent la loi de Hookes. La branche P correspond à la zone de plasticité.

([4]) *Bull. Soc. Chim. de France,* 3, 1936, p. 1975.

([5]) *J. Phys. Chem.*, 44, 1940, p. 764.

Au fur et à mesure de l'augmentation d'activité (concentration) du gélatinisant dans la solution, la branche d'élasticité H *se raccourcit, le coefficient angulaire de la branche* P *ne varie pas.*

Pour la concentration équimoléculaire en gélatinisant, $N^2 = 0,5$, *toute élasticité disparaît.* Il ne reste que la branche P, qui indique que le film est plastique, dès le début, tout en conservant un résidu d'élasticité (ce qui indique l'inclinaison de la branche P).

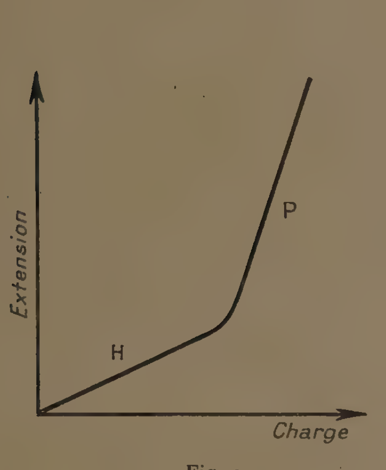



Fig. 1.

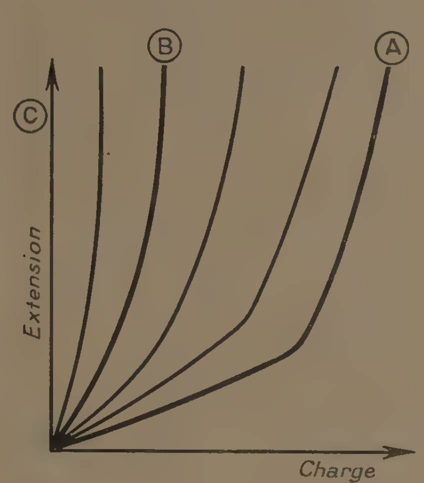


Fig. 2.

Quand la concentration N^2 augmente [courbe entre B et C (*fig.* 2)] *on observe que la courbe* P *se redresse. Enfin, pour une concentration qui correspond à* 1^{mol} *de cétone par groupe* — O — NO^2, *la courbe se confond avec l'axe des ordonnées : la matière a une plasticité parfaite.* Dans la zone de striction du film rompu, un examen aux rayons X, fait après séchage du film, montre que la matière est orientée.

On avait déjà observé que, pour $N^2 = 0,75$ (3^{mol} cétone/$1C^6$), la nitrocellulose donne un collodion dénué de rigidité.

Les solutions du gélatinisant étaient faites dans l'hoxane et le cyclohexane, employés comme solvants inertes. On a vérifié que le solvant pur n'affecte pas les propriétés mécaniques du film.

Avec le benzène nous avons retrouvé au contraire les résultats de Mlle Th. Petitpas [3] : les films de nitrocellulose dans le benzène pur sont d'ailleurs beaucoup plus plastiques que dans les deux autres hydrocarbures. La branche H de la courbe est presque réduite à rien et la portion P est presque verticale. On a vérifié par là que le benzène agit bien comme un plastifiant sur la nitrocellulose.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude, par diffraction électronique, de la structure des colorants sensibilisateurs à l'infrarouge.* Note [1] de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Roger Mérigoux**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré [2] qu'un faisceau d'électrons monocinétiques traversant un film très mince de bromure d'argent ou d'émulsion photographique agit comme agent photochimique, et est diffracté par l'halogénure d'argent ainsi que par l'argent auquel son propre passage donne naissance. Il devient donc ainsi possible d'étudier directement, et en chaque point d'une préparation sensible, l'action photographique des électrons. Nous avons trouvé que, dans le cas de l'émulsion photographique préparée sous une épaisseur de quelques millimicrons et examinée par transmission, la formation d'argent photochimique aux dépens du bromure d'argent dépend directement de la grosseur des grains de l'halogénure et surtout de leur état plus ou moins bien cristallisé. On retrouve là un fait analogue à celui que l'on observe pour la catalyse hétérogène.

Ce phénomène de libération d'argent peut se suivre directement sur l'écran fluorescent; il constitue une démonstration intéressante des possibilités de l'analyse électronique.

Dans le présent travail, nous nous sommes proposé de rechercher quels renseignements nouveaux la diffraction des électrons pouvait fournir sur l'adsorption par le bromure d'argent des sensibilisateurs photographiques tels que les cyanines, utilisées dans le domaine de l'infrarouge. Dans ce but, nous avons mis au point une méthode d'examen par réflexion, consistant à faire diffracter des électrons monocinétiques (40 à 50 kV) à la surface de blocs de bromure d'argent fondus à l'obscurité, ou de plaques d'argent bromurées par action de l'eau de brome. L'examen sur écran fluorescent des divers points de ces échantillons a permis de mettre en évidence la transformation rapide de l'halogénure en argent bien cristallisé. Il est à remarquer que cette transformation n'a lieu surtout que lorsque les grains d'AgBr présentent une orientation privilégiée

---

(1) Séance du 20 janvier 1941.

(2) J.-J. Trillat et H. Motz, *Journ. de Physique*, 7, 1936, p. 89; J.-J. Trillat et R. Mérigoux, *ibid.*, 7, 1936, p. 497.

(structure fibreuse), ce qui se trouve précisément être le cas de l'émulsion photographique.

Ayant ainsi examiné, par cette méthode, la structure et les modifications du sel d'argent, nous avons cherché ensuite à étudier la structure des couches de sensibilisateurs déposés sous une épaisseur extrêmement faible à la surface de celui-ci. Nous avons pris comme exemple un colorant du groupe des cyanines, la bromodiéthylthiocarbocyanine.

Nous avons utilisé, dans ce but, des préparations consistant en une plaque métallique servant de support, sur laquelle une couche de bromure fondu a été régulièrement étalée dans l'obscurité, puis pressée entre deux lames de verre afin de rendre la surface bien plane. Ces préparations sont ensuite immergées dans des solutions alcooliques plus ou moins diluées de la cyanine, puis, après évaporation, examinées aux électrons sous incidence rasante.

Suivant l'épaisseur de la couche de colorant, on obtient deux types de diagrammes : *a.* en couche relativement épaisse (quelques microns), on observe un diagramme d'anneaux indiquant une structure microcristalline confuse; les équidistances principales sont de 3,7 Å (deux ordres correspondant aux anneaux les plus intenses) et de 18,5 Å (anneaux de petit diamètre régulièrement espacés); *b.* en couche très mince, on obtient un cliché caractéristique d'une orientation privilégiée et *très intense* des molécules du colorant, groupées de manière à former des plans réticulaires parallèles à la surface du bromure. L'aspect de ces clichés rappelle tout à fait celui des diagrammes de rayons X obtenus autrefois par l'un de nous, par la méthode de la *goutte tangente* (J.-J. Trillat, *Journ. de Physique*, 32, janvier 1929). La périodicité trouvée ici pour l'espacement fondamental est égale à 9,6 Å.

Cet espacement de 9,6 Å ne figure pas, sous cet état de couche mince correspondant au cas de la sensibilisation photographique, dans les clichés correspondant à la cyanine en couche plus épaisse et non orientée. Cependant, il s'agit toujours bien de la même substance, la seule différence consistant dans la plus ou moins grande épaisseur de la couche de cyanine.

On est donc conduit à constater que la cyanine présente, à l'état simplement adsorbé, une structure différente de ce qu'elle a à l'état cristallin. Quelle qu'en soit l'explication, il est certain qu'à l'état de couche très mince (le plus intéressant pratiquement), la cyanine adsorbée s'oriente énergiquement à la surface du bromure d'argent, et que la périodicité

constatée de 9,6 Å est une mesure directe de la dimension de la molécule, comme cela a lieu pour les acides gras orientés sur un support quelconque (J.-J. Trillat). Ce résultat confirme ceux obtenus par S. E. Sheppard par une voie tout à fait différente, mais qui ne permettait pas d'obtenir de mesure des dimensions moléculaires.

Ces recherches, interrompues par la guerre, seront reprises en étudiant diverses cyanines différant entre elles par la longueur de leur chaîne méthylénique. Il est incontestable que la connaissance précise de ce phénomène d'orientation peut apporter des renseignements sur le mécanisme de la sensibilisation résultant de l'adsorption de ces colorants par les grains de l'émulsion photographique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les polymères de l'isobutanal.* Note de M. **Raymond Quelet** et M[lle] **Georgette Sicard**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que, d'une façon générale, les aldéhydes aliphatiques fournissent deux sortes de polymères : les para-aldéhydes qui sont des trimères et les méta-aldéhydes qui se distinguent des premiers par un point de fusion plus élevé et dont on ne connaît pas avec certitude le degré de polymérisation.

Dans le cas particulier de l'isobutanal, un seul polymère est signalé dans la littérature chimique : il s'agit d'un corps solide, fondant à 59°, préparé pour la première fois par Barbaglia (¹), en 1872, par action du chlore sur l'aldéhyde isobutyrique et considéré par cet auteur comme répondant à la formule $(C^4H^8O)^3$.

Par la suite, différents auteurs (²) ont préparé et décrit ce corps, mais il semble que tous s'en soient tenus, quant à son degré de condensation, à l'affirmation de Barbaglia, et l'on a continué à le désigner sous le nom d'aldéhyde para-isobutyrique.

Si l'on compare le point de fusion de ce composé à ceux des para-aldéhydes dérivant de l'éthanal, du propanal et du butanal normal, on constate un écart inexplicable. Le corps envisagé fond à 59°, alors que les autres sont liquides à la température ordinaire et ont respectivement

(¹) *Ber. d. chem. Ges.*, 5, 1872, p. 1052.

(²) Markownikow et Demstchenko, *Ber. d. chem. Ges.*, 6, 1873, p. 1176; Fossek, *Monatsh. f. Chem.*, 2, 1881, p. 616; Francke et Pollitzer, *ibid.*, 34, 1913, p. 804.

comme points de fusion $+12°,6$, $-20°$ et $-20°$ (³). Le prétendu para-isobutanal se rapproche beaucoup plus des polymères du type méta qui, eux, sont solides et dont les points de fusion, pour les homologues déjà envisagés, sont 246°, 180° et 173°.

Ayant obtenu d'autre part un polymère liquide répondant à la formule $(C^4H^8O)^3$ et qui nous semblait être le véritable para-isobutanal, nous avons été amenés à reprendre l'étude du composé obtenu par Barbaglia.

Ce dernier se prépare très facilement en agitant à 0° l'aldéhyde isobutyrique avec de l'acide phosphorique. Après purification par cristallisation dans l'alcool, on l'obtient sous forme d'aiguilles soyeuses fondant, comme l'indique la littérature, à 59° et bouillant à 194° en subissant une dépolymérisation importante.

La détermination de sa masse moléculaire par cryométrie nous a fourni les résultats suivants :

	Masse moléculaire	
Solvant.	trouvée.	calculée.
Benzène....................	79	C^4H^8O 72
Phénol.....................	81	72
Nitrobenzène...............	221	$(C^4H^8O)^3$ 216
Thymol.....................	376	$(C^4H^8O)^5$ 360

Ces mesures, si elles ne permettent pas de fixer le degré de condensation de ce corps, nous montrent, par contre, que nous sommes en présence d'un polymère du type méta-aldéhyde. Ces derniers en effet, qu'il s'agisse du méta-éthanal, du méta-propanal ou du méta-butanal normal, présentent, avec les solvants envisagés, un phénomène analogue, tandis que les polymères para se retrouvent toujours, dans ces mêmes solvants, sous forme de trimères.

Préparation d'un para-isobutanal. — Nous avons obtenu un composé présentant tous les caractères d'un para-isobutanal en saturant à 0° l'aldéhyde isobutyrique par le gaz chlorhydrique et en traitant aussitôt le produit, préalablement débarrassé de l'acide chlorhydrique, par du méthylate de sodium.

Un mélange de 72^g d'aldéhyde isobutyrique et de 70^g d'acide chlorhydrique ordinaire est traité par un courant de gaz chlorhydrique en

(³) On peut remarquer, d'autre part, que les dérivés isobutyliques fondent en général plus bas que leurs isomères à chaîne droite.

maintenant la température au voisinage de 0°. Quand le liquide est saturé, on recueille par décantation la couche supérieure, on chasse la majeure partie de l'acide chlorhydrique dissous en chauffant légèrement sous pression réduite, puis on verse lentement ce produit dans un excès de méthylate de sodium en solution dans l'alcool méthylique.

Après les traitements habituels, on isole, par distillation fractionnée, 30^g d'un liquide à odeur agréable présentant les constantes suivantes : Eb_{170} 94°; d_4^{17} 0,932; n_D^{17} 1,4329. *Analyse*, trouvé % C 66,2; H 11,3; calculé pour $(C^4H^8O)^n$, C 66,7; H 11,1.

Des cryométries effectuées dans différents solvants donnent des résultats concordants : *Masse moléculaire* : trouvé (benzène) 221, 218, 220; (nitrobenzène) 219; (thymol) 223; calculé pour $(C^4H^8O)^3$ 216.

Enfin, en admettant la formule hexagonale habituellement adoptée pour les para-aldéhydes, on a pour la réfraction moléculaire 60,15 au lieu de 60,34 calculé.

Chauffé en présence d'une trace d'acide sulfurique, ce corps se dépolymérise et redonne l'isobutanal.

On ne peut, dans la préparation de ce composé, remplacer le méthylate de sodium par l'éthylate ou par la potasse alcoolique; en traitant par ces réactifs le produit provenant de l'action du gaz chlorhydrique sur l'isobutanal, nous avons obtenu, avec de faibles rendements, des produits à point d'ébullition plus élevé et dont la constitution n'a pas encore été déterminée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'oxychlorure de phosphore sur certains amino-éthanols dérivés de la pyridine*. Note de M. **Jean-Albert Gautier**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. Tandis que, par condensation directe des chlorhydrines avec la pyridine, il est aisé d'accéder à des pyridinium-éthanols tels que (I, X=OH), et de là aux α-pyridones correspondantes (II, X=OH) [1], l'obtention de pyridiniums et d'α-pyridones N-halogénoalcoylés (I et II,

---

(1) J.-A. Gautier, *Thèse Doctorat ès Sciences*, Paris, 1937.

X = halogène) ne peut être simplement réalisée par la même méthode :

$$\text{Cl}-\text{N}(\text{C}_5\text{H}_5)-\text{CH}^2-\text{CH}^2-\text{X} \quad \text{(I)}.$$

$$\text{N}(\text{C}_4\text{H}_4\text{CO})-\text{CH}^2-\text{CH}^2\text{X} \quad \text{(II)}.$$

La condensation avec la pyridine d'un dérivé dihalogéné symétrique conduit seulement aux halogénures de *bis*-pyridiniums. A la vérité, Schmidt [2] signale la formation, à partir de la pyridine et du chlorure d'éthylène, du chlorure de β-chloréthylpyridinium; mais il n'obtient ce sel, auprès du dichlorure d'éthyl *bis*-pyridinium, qu'au prix d'une séparation laborieuse et ne fait mention d'aucun rendement; d'ailleurs, il n'isole pas le sel pur, qu'il reconnaît seulement par précipitation de ses complexes.

En cherchant à phosphoryler le chlorure de pyridiniuméthanol, j'ai étudié, entre autres réactifs, l'action de $POCl^3$ et reconnu que celui-ci se comportait comme halogénant vis-à-vis de l'oxhydrile alcoolique; quelles que soient les conditions, je n'ai jamais obtenu l'ester phosphorique attendu, et j'ai retrouvé le radical phosphoré fixé à l'azote sous forme de phosphate quaternaire, d'ailleurs non isolable à l'état de pureté. Par contre, j'ai pu reconnaître dans les produits de la réaction la base β-chloréthylpyridinium, résultant de l'échange contre un atome de chlore de l'oxhydrile du composé pyridinium initial.

Le chlorure de pyridiniuméthanol est agité sous refroidissement avec un excès de $POCl^3$ en solution chloroformique. Le sel quaternaire se liquéfie; il se sépare du chloroforme une couche que l'on décante et que l'on prive dans le vide de ClH, $CHCl^3$ et $POCl^3$ en excès : on obtient un résidu sirupeux, contenant PO^4H^3 et la base pyridinium transformée.

J'ai dissous ce résidu dans l'eau et précipité par l'acide picrique la majeure partie de la solution; j'ai recueilli un picrate F. 148°, qui diffère du picrate de la base originelle (pyridiniuméthanol) : ce dernier, qui n'avait pas jusqu'alors été isolé, forme des cristaux F. 97°. Le picrate de la base modifiée correspond à l'analyse à la formule $C^6H^2(NO^2)^3OH, (C^5H^5N)CH^2CH^2Cl$. Sur le reste de la solution, j'ai fait agir Cl^3Au et obtenu un chloraurate, F. 135°, correspondant lui-même à la formule $Cl^3Au, ClH, (C^5H^5N).CH^2CH^2Cl$ [3].

La base β-hydroxyéthylpyridinium s'est donc, sous l'influence de $POCl^3$,

---

(2) *Archiv der Pharmazie*, 251, 1913, p. 204.

(3) Ce chloraurate a été préparé par Schmidt (*loc. cit.*).

transformée en β-chloréthylpyridinium; d'après la quantité de picrate recueillie, le rendement ressortit aux environs de 50 %.

II. La facile halogénation du sel de pyridiniuméthanol mise en évidence dans l'expérience précédente laissait supposer que ce corps échangerait aisément son oxhydrile contre un Cl sous l'influence d'autres réactifs halogénants : effectivement, j'ai pu observer que la fonction alcoolique s'estérifie directement par ClH.

Le chlorure de pyridiniuméthanol est chauffé en tube scellé à 120° avec cinq fois la quantité théorique de ClH, 10 N. On constate que la proportion d'acide libre diminue progressivement. Après 60 heures, on peut recueillir la base chloréthylpyridinium (sous forme de picrate) dans la proportion d'environ 40 % de la théorie.

III. La réaction entre $POCl^3$ et le composé pyridiniuméthanol rapproche cette dernière base de la choline, transformée elle-même, dans des conditions identiques, en base triméthyl-β-chloréthylammonium; ceci justifie la dénomination de *pyridine-choline*, parfois appliquée au pyridinium éthanol.

J'ai reconnu que cette aptitude à échanger un OH contre un Cl était encore partagée par d'autres aminoéthanols cycliques qui s'écartent du type choline par la trivalence de leur atome d'azote : j'ai en effet transformé par oxydation ferricyanhydrique ([1]) le chlorure de pyridiniuméthanol en α-pyridone (II, X = OH) et opposé cette dernière à $POCl^3$. J'ai observé le même phénomène d'halogénation et isolé la N-chloréthyl-α-pyridone (II, X = Cl).

Cette pyridone cristallise en aiguilles, F = 69°, solubles dans l'eau et les solvants organiques, se colorant en rouge par Cl^3Fe et en bleu par Cl^3Fe et O^2H^2. Elle perd la totalité de son chlore par simple chauffage avec NO^3Ag en milieu nitrique.

L'halogénation par $POCl^3$ du groupement $N.CH^2.CH^2OH$ semble donc constituer une propriété de la fonction aminoéthanol. Reconnue pour la choline proprement dite, elle s'applique encore à des cholines à azote nucléaire, ainsi qu'à des aminoéthanols cycliques d'azote trivalent.

Il y a là une méthode de préparation intéressante des sels de chloralcoylpyridiniums, et aussi des chloralcoyl-α-pyridones à atome de Cl terminal, jusqu'ici inconnues.

Enfin l'extrême labilité de l'halogène notée plus haut chez la chloréthylpyridone permet d'envisager un facile accès aux composés à chaîne éthylénique par perte d'une molécule de ClH.

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1124.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation des cétoses par l'acide periodique.* Note de M[me] **Yvonne Khouvine** et M. **Georges Arragon**, présentée par M. Maurice Javillier.

Selon P. Fleury et J. Lange ([1]), l'oxydation du glucose par l'acide periodique se fait ainsi :

$$C^6H^{12}O^6 + 5O = HCHO + 5HCOOH.$$

Celle du fructose, moins simple, se ferait, d'après leurs hypothèses, avec formation d'acide glyoxylique, mais surtout d'acide glycolique. Il nous a paru nécessaire d'étudier de plus près l'action de l'acide periodique sur les cétoses et, pour cela, nous avons oxydé l'α-*d*-fructose, l'α-*l*-sorbose, l'α-*d*-tagatose, l'α-*d*-glucoheptulose, le mannocétoheptose et le perséulose, en prenant comme témoin l'α-*d*-galactose. Comme exemples de ces oxydations, nous donnons seulement ci-dessous celles du galactose, du sorbose et du glucoheptulose.

Nous avons dosé O^2 consommé, par As^2O^3; le formol, par le dimédon; les réducteurs totaux, par iodomercurimétrie; les acides totaux, par alcalimétrie en présence de thymolphtaléine ou par la méthode de G. Arragon ([2]); les acides volatils, par entraînement à la vapeur d'eau et enfin, CO^2, après extraction, avec l'appareil Plantefol.

Les expériences résumées dans le tableau ci-après ont été faites à 20°, dans le vide, sur 1/2000e de molécule-gramme d'ose dissous dans 50^{cm^3} d'acide periodique M/10 en O^2, préparé à partir du periodate de baryum ([3]) et ne contenant que des traces de SO^4H^2.

Le tableau montre que nos résultats, pour le galactose, concordent parfaitement avec ceux de P. Fleury et J. Lange pour le glucose.

En ce qui concerne l'oxydation des cétohexoses, on voit que :

1° La consommation d'oxygène augmente avec la durée de l'expérience. Elle atteint rapidement 4 atomes, s'approche de 5, mais ne les atteint pas.

2° Il y a toujours moins de 2 molécules de formol, alors qu'au début il y a toujours plus de 2 molécules de corps réducteurs totaux, et qu'il y en a environ 2 à la fin de l'oxydation.

([1]) *J. de Pharmacie et de Chimie*, 8e série, 17, 1933, p. 196, 313 et 409.

([2]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 558.

([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 994.

	Galactose.				Sorbose.				Glucoheptulose.			
Durée de l'oxydation.	1 h.	3 h.	24 h.	3-4 j.	1 h.	3 h.	24 h.	3-4 j.	1 h.	3 h.	24 h.	3-4 j.
Atomes O^2 consommé	4,5	4,7	4,9	5,0	4,2	4,2	4,9	4,9	5,2	5,4	5,8	5,9
Réducteur total (mol.)	0,9	1,0	1,0	1,1	2,2	2,3	1,7	1,8	2,5	2,3	2,1	2,0
Formol (mol.)	0,9	0,9	0,9	1,0	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Différence	0	0,1	0,1	0,1	0,6	0,7	0,1	0	0,7	0,5	0,3	0,2
Acides totaux (mol.)	4,6	4,8	5,0	5,0	3,0	3,2	3,1	3,1	4,0	4,0	3,8	4,0
Acide volatil (mol.)	4,5	4,6	5,0	4,9	2,3	2,3	2,8	3,0	3,1	3,2	3,9	4,0
Différence	0,1	0,2	0,0	0,1	0,7	0,9	0,3	0,1	0,9	0,8	0,1	0
CO^2 (mol.)	0	0	0	0	0,07	0,12	0,74	0,77	0,09	0,15	0,56	0,72
Bilans de carbone expérimentaux	–	–	–	6,1	–	–	–	5,67	–	–	–	6,72
Bilans théoriques	–	–	–	6,0	–	–	–	6,0	–	–	–	7,0

3° Il y a 3 molécules d'acides totaux, mais il n'y a que 2 molécules d'acide volatil (HCOOH) au début et près de 3 à la fin de l'oxydation.

4° Il se dégage lentement 0,8 mol/g de CO^2.

L'augmentation de O^2 et de HCOOH, la production de CO^2 et la diminution de la différence entre les corps réducteurs totaux et le formol sont dues à l'acide glyoxylique formé au début, lequel s'oxyde lentement en CO^2 et HCOOH. On peut, d'ailleurs, déceler cet acide par la couleur violette qu'il donne avec le tryptophane et l'on peut aussi l'extraire et le caractériser par l'acétophénone. A côté de l'acide glyoxylique ($0^{mol},8$) il se forme de l'acide glycolique ($0,2$-$0^{mol},3$) comme l'indique la réaction d'Elgrüve [1]. Mais cet acide n'est dosé que par différence entre les chiffres expérimentaux et les chiffres théoriques de O^2, de CO^2 et des bilans de carbone. Il s'en forme d'ailleurs trop peu pour qu'on puisse l'isoler à l'état de glycolate de baryum.

5° L'oxydation des cétoheptoses se fait, comme celle des cétohexoses, en donnant de l'acide glyoxylique ($0,8$-$0^{mol},9$) et un peu d'acide glycolique. La formation d'acide glyoxylique rend compte, comme dans le cas des cétohexoses, des augmentations de O^2, de HCOOH, de la diminution des corps réducteurs totaux et du dégagement de CO^2. Quant au formol ($1^{mol},9$), il est presque égal au chiffre théorique [2].

De ces diverses oxydations on peut conclure que les oses, en solution périodique, réagissent presque entièrement sous leur forme linéaire.

L'oxydation des aldohexoses ne donne que des corps à 1 atome de carbone, tandis que celle des cétoses donne des corps à 1 ou 2 atomes de

carbone. Par analogie avec l'oxydation des acides tartrique et lactique, nous pensons que l'acide glyoxylique provient du groupe carboxyle et de la fonction alcoolique secondaire voisine. Quant à l'acide glycolique, il semble être le témoin de la faible partie du cétose qui reste sous forme semi-acétalique et doit provenir des carbones 1 et 2.

L'oxydation periodique des cétohexoses peut donc être formulée ainsi :

1° *Réaction principale*

$$CH^2OH-CO-(CHOH)^3-CH^2OH+4O = 2HCHO+2HCOOH+HOOC-CHO+H^2O.$$

Réaction secondaire

$$CH^2OH-\underset{\llcorner______ O ______\lrcorner}{\overset{OH}{\overset{|}{C}}-(CHOH)^3-CH^2}+4O = HCHO+3HCOOH+CH^2OH-COOH.$$

2°

$$HOOC-CHO+O-CO^2+HCOOH.$$

Ces formules, si l'on change les coefficients de l'oxygène et de l'acide formique, sont encore valables pour les cétoheptoses.

PÉDOLOGIE ET AGRONOMIE. — *L'évolution des sols et de la végétation dans la zone des latérites en Afrique Occidentale.* Note [1] de M. **H. Scaëtta**, présentée par M. Auguste Chevalier.

La répartition horizontale et verticale de la latéritisation est la conséquence naturelle de la répartition des climats géographiques dans cette partie du continent. Nous sommes en présence de deux *types* divers d'évolution auxquels correspondent des phénomènes de désagrégation, d'altération, de décomposition et de minéralisation diversement actifs. Tous les sols perméables à l'air et à l'eau de l'Afrique Occidentale, à l'exclusion des alluvia et des colluvia [2] que nous omettons de considérer ici, décèlent un *stade* de vieillesse accusée.

Dans la bande subéquatoriale, l'usure de la couche éluviale est ralentie par trois faits principaux auxquels tous les processus de l'évolution sont subordonnés.

a. La forêt abandonne au sol des déchets organiques abondants dont la

---

(1) Séance du 2 décembre 1940.

(2) C'est-à-dire des sols glissant sur une pente.

décomposition entretient une microflore active et fournit des bases au *solum* ([3]).

b. La forêt capte les poussières amenées au niveau de la couronne des arbres par les brouillards qui s'y accrochent plus fréquemment pendant les moussons atlantiques. Toute une organisation végétale incorpore ces poussières au sol qui est ainsi reminéralisé.

c. La forêt enfin, par la densité de son couvert, limite le ruissellement superficiel.

La digestion et le décapage de l'éluvium sont ainsi ralentis.

Dans la bande tropicale, les cuirasses ne sont autre chose que l'illuvium le plus récent ([4]) et amené à la surface du profil primitif modifié par une disparition rapide de la couche éluviale, par digestion opérée par la montée du niveau ferro-aluminique et décapage par le ruissellement. En dessous on trouve les illuvia les plus anciens du profil, constitués par des bancs de kaolin (et de terres kaoliniques) diversement altérés; ils sont protégés par les cuirasses de surface perméables à l'eau, mais moins à l'oxygène libre. L'évolution (la maturation) du sol apparaît, dans cette région, beaucoup plus rapide que sous le climat subéquatorial. La radiation, au niveau du sol, y est plus-forte, l'appel d'eau capillaire y est maximum, l'aération y est très grande. L'ensemble de l'action de ces facteurs (nous passons sous silence les facteurs secondaires) entretient une forêt à enracinement profond, qui, par la qualité de certaines espèces, aide à la démolition des cuirasses.

Les répercussions probables de ces phénomènes sont les suivantes : Dans la bande subéquatoriale l'existence de l'horizon concrétionné à proximité de la surface rend précaire l'équilibre biologique de la sylve ombrophile. Il est prudent de tenir compte de la position de cet horizon avant de décider une modification de la sylve ou son remplacement par des plantations arbustives (Caféiers, Cacaoyers, arbres à caoutchouc).

Dans la bande tropicale, la disparition des eluvia favorise la colonisation du sol par des espèces capables d'attaquer la cuirasse au détriment des espèces préexistantes. Les cuirasses, plus chaudes que l'air libre, entretiennent une aire de microturbulence. L'*absorption de la radiation solaire par ces roches paraît atteindre des profondeurs supérieures aux normales.*

([3]) Sol agricole, sensuhato (le solbiogène).

([4]) Le niveau ferrique tend constamment à monter vers la surface à la recherche d'oxygène.

Les divers niveaux hydrostatiques sont progressivement abaissés. Le milieu ambiant est modifié à un degré qui exige un choix préalable des espèces ou variétés à cultiver et de la technique agricole.

L'atténuation, vers le Nord, de la latéritisation exprime la transition avec les sols désertiques où la vie végétale est réduite aux éléments essentiels de la végétation vivant sous les climats plus favorables voisins (plages contractées de R. Maire).

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur les Végétaux infraliasiques des environs de Niort.* Note de M. **Alfred Carpentier**, présentée par M. Henri Colin.

« Les gisements de végétaux fossiles de l'époque secondaire sont assez rares en France et surtout dans la région Ouest de la France pour qu'il y ait intérêt, lorsqu'on vient à en trouver un nouveau, à mentionner cette découverte... » C'est en ces termes que s'exprimait, en 1911, René Zeiller, dans une Note où il décrivait quelques végétaux infraliasiques qui lui avaient été confiés par MM. Sauvaget et Gélin, de Niort (1). D'après les renseignements de M. Sauvaget, le lit d'argile feuilletée fossilifère se trouvait intercalé dans des sables grossiers quartzeux qui reposent sur les schistes cristallins massifs, au lieudit Pont-de-Brangeard, commune de Cherveux, à 15 km environ de Niort.

C'est dans la même localité que j'ai découvert, en octobre 1940, un autre lit fossilifère qui fait également partie des formations argilo-sableuses et gréseuses généralement attribuées à l'Infralias, mais qui est situé au-dessus de l'argile feuilletée à plantes, découvert en 1911.

R. Zeiller a signalé une Équisétinée, *Equisetites* sp.; une Fougère, *Cladophlebis* (*Todites*) *Roesserti* Presl. sp.; deux plantes filicoïdes, *Thienfeldia incisa* Saporta, *Tæniopteris tenuinervis* Brauns; une Conifère, *Widdringtonia* sp.

Voici la liste des Végétaux reconnus en 1940 :

A. Cryptogames vasculaires.

Equisetales. — *Equisetites* sp., *E.* cf. *scanicus* Sternb. sp., *Equisetostachys.* Cf. *Neocalamites?*

Filicales. — Diptéridacées : *Dictyophyllum Münsteri* f. *abbreviata* Goëppert sp.; cf. *D. Nilsonni* Brongn., cf. *Thaumatopris Schenki* Nathorst; cf. *Clathropteris platyphylla* Goëppert.

Matoniacées : *Laccopteris* sp.

(1) *Bull. Soc. Géol. de France,* 4e série, 11, p. 321-328.

B. GYMNOSPERMES.

Caytoniales. — *Sagenopteris Nilssoniana* Brongn. sp., *S. goeppertiana* Zigno.
Cycadophytes. — *Thienfeldia incisa* Saporta.
Ctenopteris cycadea (Berger) Saporta.
Coniferales. — *Cheirolepis* : *Ch.* cf. *Escheri* Herr; *Ch. Münsteri* (Schenk) Schimper.
— *Podozamites distans* (Presl.) Braun.
— Cf. *Palissaya*.
— *Widdringtonites* sp.
— *Pagiophyllum peregrinum* Sch.; *P. papareli* Saporta sp.

A ces Conifères, il faut ajouter quelques strobiles isolés, les uns formés d'écailles lancéolées, carénées, ressemblant aux cônes de certains *Pagiophyllum*, les autres ovoïdes ou sphéroïdaux, formés de petites écailles imbriquées et qui peuvent être comparés aux cônes très petits du *Cheirolepis Münsteri*, d'après Schenk [2].

Quelques caractéristiques. — On souligne la présence du genre *Sagenopteris* et du genre *Podozamites*, non encore signalés, à ma connaissance du moins, dans les flores rhéto-liasiques de France; la présence du *Ctenopteris cycadea* et du *Thienfeldia incisa*, espèces caractéristiques du grès infraliasique d'Hettange (Moselle).

Age de la flore. — Parmi les plantes signalées, les unes, rares d'ailleurs, sont jusqu'ici spéciales au Rhétien (*Dictyophyllum Münsteri*), les autres sont communes au Rhétien supérieur et à l'Infralias (*Sagenopteris nilssoniana*, *Podozamites distans*...); plusieurs sont infraliasiques (les *Cheirolepis*, le *Ctenopteris cycadina* et le *Sagenopteris goeppertiana*). On peut donc conclure à l'âge infraliasique de la flore, tout en tenant compte de ce fait que la flore infraliasique ne diffère pas essentiellement de la flore rhétienne qu'elle continue; il se peut donc que dans quelques-uns des gisements, dits infraliasiques, de l'Ouest de la France, on observe des traces d'une végétation rhétienne. Comme le notait R. Zeiller en 1911, « les déterminations des plantes fossiles concordent bien avec l'attribution à l'étage hettangien des calcaires qui surmontent la couche de sables à empreintes végétales ». On peut ajouter que, parmi les petites coquilles de bivalves recueillies dans le lit fossilifère, on a reconnu un spécimen d'*Astarte* voisin de l'*A. Chartroni* Cossmann, de l'Infralias de l'Ouest de la France.

Les faciès à plantes. — La présence de ces fossiles marins indique une

---

[2] A. SCHENK, *Die Fossile Flora der Grenzschichten des Keupers und Lias Frankens*, pl. 43, fig. 15, Wiesbaden, 1867.

zone littorale dans laquelle parvenaient, par moments, dans un état plus ou moins fragmentaire, des débris végétaux emportés par les vents ou charriés par des eaux torrentielles provenant des régions émergées, couvertes de bois de Conifères, du massif ancien. Les deux lits fossilifères signalés en 1911 et 1940 sont très différents : dans le premier, de larges portions de frondes filicoïdes (*Thienfeldia*, *Cladophlebis*) sont conservées, attestant d'une station relativement proche; dans le second, les frondes de Fougères (*Dictyophyllum*) sont réduites à de menus fragments, leur station était sans doute plus éloignée du bassin de dépôt; les feuilles de *Sagenopteris*, généralement entières, se développaient dans une zone sublittorale, observation qui cadre avec l'opinion de M. H. Hamshaw Thomas (³) que les *Caytoniales* étaient des plantes qui peuplaient les lagunes marécageuses d'un estuaire.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action des fixateurs sur les noyaux euchromocentriques*. Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

On sait que les noyaux du type euchromocentrique se distinguent par leur caractère homogène dans l'observation vitale : en dehors des nucléoles et des chromocentres, ils ne montrent aucune structure. Cependant, lorsque les chromosomes apparaissent, au cours de la prophase, on constate qu'ils sont formés en grande partie aux dépens du fond nucléaire ou nucléoplasme, tandis que le chromocentre ne constitue souvent qu'une faible partie de leur ensemble, comme la région voisine de la constriction d'insertion, et ce fait montre bien que le nucléoplasme des noyaux euchromocentriques (ou à prochromosomes) ne saurait être essentiellement différent de celui des noyaux dits réticulés.

Déjà la fixation des noyaux euchromocentriques nous avait montré que, suivant les liquides fixateurs employés, une structure pouvait être observée dans ces noyaux (¹); dernièrement nous indiquions que les noyaux de Haricot pouvaient présenter un réseau après l'emploi de certains fixa-

---

(³) *Les Caytoniales* (*Phil. Trans. Royal Soc. London*, Ser. B, 213, 1925, p. 303).

(¹) P. Dangeard, *Le Botaniste*, 28, 1937, p. 291.

teurs ([2]). Dans les recherches poursuivies depuis, nous avons obtenu deux ordres de faits concordants. Nous avons étudié l'action de divers fixateurs sur les noyaux euchromocentriques de la manière suivante : des radicules pourvues de poils absorbants sont placées dans les mélanges fixateurs pendant quelques minutes; après lavage à l'eau, nous observons directement, sans coloration, l'effet produit par la fixation, soit dans les noyaux des poils radicaux, soit dans les noyaux de l'écorce. Or, avec les fixateurs nucléaires usuels tels que Bouin, Bouin-Hollande, Nawaschine, nous avons toujours observé une structure soit granuleuse, soit plus souvent réticulée ou réticulée-granuleuse dans toutes les plantes examinées dont le Haricot, le Radis, la Courge, le Lupin blanc, le Ricin, le *Brassica campestris*, le *Luffa cylindrica*.

D'autres mélanges, considérés comme meilleurs fixateurs du noyau par beaucoup de cytologistes, par exemple le Helly, déterminent également l'apparition d'une structure dans tous les noyaux euchromocentriques étudiés ; cette structure n'est pas d'un type différent de celle qu'on observe avec les fixateurs précédents, mais elle est plus estompée, de sorte que parfois on pourrait la méconnaître. Par contre, des fixateurs renfermant de l'acide osmique tels que le Champy, le Flemming et surtout l'acide osmique seul, enfin les fixateurs formolés sans acide acétique comme le Regaud et le formol seul, laissent le noyau, assez souvent, pratiquement homogène.

Que faut-il penser de la structure réticulée ou réticulée-granuleuse montrée par les noyaux euchromocentriques après l'action des fixateurs usuels ? On peut noter que cette structure ne diffère pas sensiblement de celle qu'on peut observer *in vivo* sur un noyau du type réticulé, comme celui du Blé. Il serait curieux qu'un fixateur crée précisément dans les noyaux à prochromosomes une structure comparable à celle dont l'existence est reconnue sans conteste dans les autres noyaux. Le fait que cette structure est peu visible, ou même invisible après fixation osmique ou formolée, ne saurait servir d'argument en sens contraire, car ces fixations rendent également moins apparente la structure des noyaux réticulés. Ils ont donc une action *homogénéisante* d'ailleurs bien connue.

Enfin nous avons réussi à provoquer, d'une manière réversible, dans un

---

([2]) P. Dangeard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1572.

noyau homogène sur le vivant, l'apparition d'une structure. Pour cela nous avons soumis des noyaux de Courge à l'action de l'eau acétique à 1 % pendant une durée variable, mais n'excédant pas trois ou quatre minutes : après ce traitement les noyaux montrent une structure très apparente, comparable à celle des noyaux fixés; pourtant, si la durée d'action de l'eau acétique n'a pas été trop prolongée et si les cellules sont placées ensuite dans l'eau ordinaire, le noyau redevient rapidement homogène, comme avant l'expérience, dans une cellule bien vivante dont la cyclose est active de nouveau. Il est difficile d'admettre que dans cette expérience la structure observée provient d'une précipitation de la caryolymphe, car ce phénomène devrait être irréversible. Il nous semble nécessaire d'admettre plutôt que l'action du milieu acide a révélé et accentué une structure préexistante, mais invisible auparavant pour des raisons physiques. Nous pouvons donc conclure que les noyaux euchromocentriques ne sont pas très probablement dépourvus de structure, et que celle-ci est sans doute d'un type comparable à celle de beaucoup de noyaux réticulés. L'apparence homogène de ces noyaux *in vivo* pourrait être due à des causes optiques, comme l'exemple en est connu par ailleurs.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Sur le grégarisme du Criquet pèlerin* (Schistocerca gregaria *Forsk.*). Note de M. **Rémy Chauvin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Pour expliquer le grégarisme des Acridiens migrateurs, on peut invoquer soit une action physicochimique, soit une réaction sensorielle.

La première hypothèse (Husain, 1936) veut, notamment, que le gaz carbonique respiratoire provoque la pigmentation grégaire par suite d'une intoxication partielle, et Husain a pu, effectivement, obtenir des grégaires à partir de solitaires élevés dans une atmosphère riche en CO^2. Mais on peut aussi obtenir des grégaires en groupant deux solitaires seulement dans une petite cage grillagée : dans ces conditions, il n'y a certainement pas élévation notable de la teneur de l'atmosphère en CO^2.

D'autre part, ayant séparé des *solitaria* par des cloisons de métal, de verre, de gélatine, de carton et de toile métallique, j'ai constaté leur passage à la phase *gregaria*, uniquement dans le cas des cloisons transpa-

rentes ce qui nous amène à l'hypothèse d'une réaction sensorielle, et plus spécialement visuelle. En effet un solitaire isolé dans un manchon de verre au milieu d'une cage pleine de grégaires devient lui-même grégaire. Faure (1934) l'a constaté chez *Locustana* et *Locusta*, et je l'ai moi-même vérifié sur le Criquet pèlerin. Par contre, si la cage et le manchon sont enfermés dans une enceinte opaque, le Criquet du manchon reste solitaire, alors que ceux de la cage ne diffèrent en rien des individus élevés en pleine lumière. Mais, si l'on groupe des solitaires dans l'obscurité complète, ils deviennent rapidement grégaires. Dans ce cas, il est bien évident que la vue ne joue plus aucun rôle : d'autres sens doivent donc la suppléer.

Mes observations éliminent l'odorat et l'audition. En ce qui concerne le premier, je signale que, dans mes élevages, depuis plusieurs années, les cages de *solitaria* sont placées en étuve, côte à côte, en nombre de plus de 60, en même temps que plusieurs centaines de *gregaria* : chaque Criquet peut donc percevoir l'odeur de ses congénères et, pourtant, les solitaires conservent les caractères de leur phase. Par ailleurs, des solitaires, groupés après ablation complète des antennes et des palpes, deviennent rapidement grégaires. Pour les mêmes raisons j'ai pu éliminer l'audition, et des solitaires au tympan crevé passent très vite à la phase grégaire quand ils sont en groupe.

Le tact paraît donc seul capable, avec la vue, de déterminer le grégarisme, mais il faut pour cela que les Criquets groupés qui entourent le solitaire soient tous vivants et actifs, car, élevé au milieu de leurs cadavres, ce dernier demeure *solitaria*.

La théorie de la locustine (Faure) attribue la pigmentation grégaire aux métabolites produits par l'agitation des *gregaria* et qui, ne pouvant s'excréter tous par les tubes de Malpighi, s'accumulent sous la cuticule. Le solitaire, mis en présence de grégaires, s'agiterait également par instinct d'imitation (Uvarov, Bodenheimer, Fraenkel) et produirait ainsi du pigment grégaire. Il faudrait alors expliquer pourquoi le Criquet est plus actif en groupe qu'à l'état isolé, et pourquoi il possède l'instinct d'imitation. En effet, s'il est des animaux qui sont plus actifs en groupe, tels que le Poisson *Ameiurus melas*, il en est d'autres, tels que le Poisson rouge, qui ne le sont pas davantage qu'à l'état isolé (Bowen et Schwett). D'ailleurs, dans mes élevages, le grégaire et le solitaire sont aussi peu actifs l'un que l'autre et gardent pourtant les caractères typiques de leur phase. L'instinct d'imitation m'a paru également très faible ou inexistant;

il ne constitue sans doute qu'un épiphénomène, de même que l'activité grégaire.

La véritable explication serait, à mon avis, d'ordre psychophysiologique, et l'on pourrait, dans un certain sens, comparer le grégarisme à un réflexe conditionnel; il s'agit, dans les deux cas, de phénomènes acquis et non innés, qui disparaissent si l'excitation qui les a fait naître n'est pas renouvelée assez souvent. La vue ou le tact de ses congénères déclencherait, chez le *solitaria*, une série de réflexes qui aboutiraient à la rétention de l'acridioxanthine [1], à la formation de mélanine, à la rétention accentuée de caroténoïdes, et surtout, des xanthophylles [2], à une modification de l'amplitude respiratoire [3] et, sans doute, à d'autres phénomènes encore.

Cette action mystérieuse d'individus d'une même espèce les uns sur les autres n'est d'ailleurs point sans analogie dans la nature : on sait que la sécrétion lactée du jabot du Pigeon mâle ne peut s'effectuer sans la présence d'un autre pigeon du même sexe ou de sexe différent; il en est de même pour le développement des ovaires chez la femelle : il suffit d'ailleurs d'un miroir pour produire le même effet (Harrison). Toutefois, le Criquet pèlerin *solitaria*, élevé au milieu de quatre miroirs qui multiplient ses mouvements à l'infini, garde les caractères de la phase solitaire; ce qui prouve, simplement, sans doute, que les ommatidies du Criquet ne sont pas impressionnées par la lumière réfléchie de la même façon que l'œil du Pigeon.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le taux de la prothrombine dans le sang maternel et dans le sang fœtal au moment de l'accouchement.* Note de MM. **Louis Portes** et **Jacques Varangot**, présentée par M. Maurice Javillier.

Whipple [1] a émis le premier l'hypothèse que les hémorragies apparaissant chez le nouveau-né, pendant l'accouchement ou dans les premiers

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 339.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **132**, 1939, p. 397.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, **128**, 1938, p. 1065.

(1) *Arch. int. Méd.*, **9**, 1912, p. 365.

jours de la vie, étaient dues à une déficience en prothrombine. Cette question a connu un regain d'actualité lorsque Quick ([2]) apporta une méthode de dosage de la prothrombine et surtout lorsqu'on eut montré les rapports étroits qui existent entre la concentration plasmatique de ce ferment et la vitamine K. Plusieurs travaux récents ont étudié le taux de la prothrombine sanguine chez la mère et chez l'enfant à la naissance. Les chiffres donnés par Dam, Tage-Hansen et Plum ([3]), par Quick et Grossmann ([4]), par Nygaard ([5]), par Brinkhous, Smith et Warner ([6]) se rapportent à des séries trop peu nombreuses pour qu'on puisse en tenir compte. Par contre les résultats de Norris et Rush ([7]), de Koller et Fiechter ([8]), de Mac Pherson et Mac Callum ([9]), de Kato et Poncher ([10]) et de Hellmann et Shettles ([11]) sont appuyés sur de nombreux examens du sang du cordon et concordent tous pour affirmer l'existence d'une déficience physiologique en prothrombine constante chez le nouveau-né. D'autre part ces auteurs ont trouvé le sang maternel parfaitement normal quant à son contenu en prothrombine. Tous ces travaux ont été poursuivis en utilisant la technique de Quick ou une de ses variantes.

Nous avons essayé de vérifier ces faits en employant pour le dosage de la prothrombine la méthode électro-photométrique de P. Meunier ([12]), qui présente sur la technique de Quick de nombreux avantages. Elle permet de ne point avoir recours à une préparation de thromboplastine, toujours instable, difficile à conserver et nécessitant de nombreux étalonnages. Plus sensible que la méthode de Quick, elle permet d'apprécier des déficiences discrètes. Enfin elle possède la grosse supériorité de permettre

---

([2]) A. J. Quick, M. Stanley-Brown et F. Bancroft, *Am. Journ. Med. Sci.*, **190**, 1935, p. 501.

([3]) *Lancet*, **2**, 1939, p. 1157.

([4]) *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, **41**, 1939, p. 227.

([5]) *Acta Obst. et Gyn. Scand.*, **19**, 1939, p. 361.

([6]) *Am. Journ. Med. Sci.*, **193**, 1937, p. 475.

([7]) *Surg., Gyn. et Obst.*, **70**, 1940, p. 1006.

([8]) *Schweiz. Med. Wochenschr.*, **70**, 1940, p. 137.

([9]) *Brit. Med. Journ.*, **1**, 1940, p. 839.

([10]) *Journ. Am. Med. Ass.*, **114**, 1940, p. 749.

([11]) *Bull. Johns Hopkins Hosp.*, **65**, 1939, p. 138.

([12]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 668.

la mesure de la teneur du sang en fibrine (voir déjà Lian, Frumusan et Sassier) ([13]).

Nous avons étudié 41 nouveau-nés et 35 femmes. Dans 32 cas, nous avons pu comparer le taux de la prothrombine plasmatique chez la mère et chez l'enfant. Nos résultats sont exprimés dans le tableau ci-dessous.

Pourcentage de prothrombine ([14]).	Valeur du coefficient R.	Mères. Nombre de cas.	Mères. % du total.	Enfants. Nombre de cas.	Enfants. % du total.
Normaux	$R < 0,30$	8	23	11	27
Plus de 50	$0,30 < R < 0,40$	5	15	9	22
De 50 à 20	$0,40 < R < 0,50$	10	28	7	17
De 20 à 10	$0,50 < R < 0,70$	2	6	7	17
Moins de 10	$R > 0,70$	10	28	7	17

La valeur moyenne du coefficient R, défini par Meunier, est égale à 0,51 chez les mères et à 0,46 chez les enfants, chiffres très voisins l'un de l'autre. Ces résultats montrent d'autre part que 25 % environ des mères et des enfants sont normaux, 45 % présentent des carences discrètes, inappréciables par la méthode de Quick, 35 % enfin ont des déficiences très marquées en prothrombine, prédisposant indiscutablement aux hémorragies, tant chez la mère que chez l'enfant.

Nous n'avons pas trouvé un parallélisme rigoureux entre le taux de prothrombine du sang maternel et celui du sang fœtal. Un fait ressort néanmoins de cette confrontation : les carences fœtales importantes se voient chez les mères fortement carencées en prothrombine.

Nous avons observé un autre phénomène qui nous paraît avoir été complètement négligé jusqu'ici : le sang fœtal est très pauvre en fibrine. Alors que le sang maternel présente un taux moyen d'environ 6g de fibrine par litre de plasma, le sang fœtal (moyenne de 41 déterminations) n'en contient que 2g, et il n'est pas rare d'observer des cas où ce taux tombe au-dessous de 1g. Cette hypofibrinémie a pu être à l'origine de quelques erreurs dans l'appréciation du temps de formation du caillot solide au cours du dosage de la prothrombine par la méthode de Quick.

([13]) *Le Sang*, 13, 1939, p. 817.

([14]) Ces chiffres ont été calculés en fonction du coefficient R à partir d'un sang dont le contenu en prothrombine, mesuré par la méthode de Quick, était normal, et dont le coefficient R était égal à 0,30.

Si nous confrontons nos résultats avec ceux des auteurs précités, nous constatons qu'ils sont tout à fait comparables à ceux obtenus pour le sang fœtal. Par contre, nous avons observé des déficiences très marquées en prothrombine dans le sang maternel, alors que, dans les travaux parus jusqu'à présent, ce phénomène n'était pas signalé. Les différences de techniques de dosage ne peuvent pas expliquer des variations aussi considérables. Il est vraisemblable que, dans notre série d'expériences, le pourcentage élevé des carences maternelles en prothrombine est dû à l'insuffisance actuelle de l'apport alimentaire en vitamine K.

La séance est levée à $15^h 25^m$.

A. Lx.